



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 10 729 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 02 K 23/40
H 02 K 1/08

②1 Aktenzeichen: 195 10 729.2
②2 Anmeldetag: 24. 3. 95
④3 Offenlegungstag: 26. 9. 96

DE 195 10 729 A 1

⑦1 Anmelder:
ABB Management AG, Baden, Aargau, CH

⑦4 Vertreter:
Rupprecht, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 61476 Kronberg

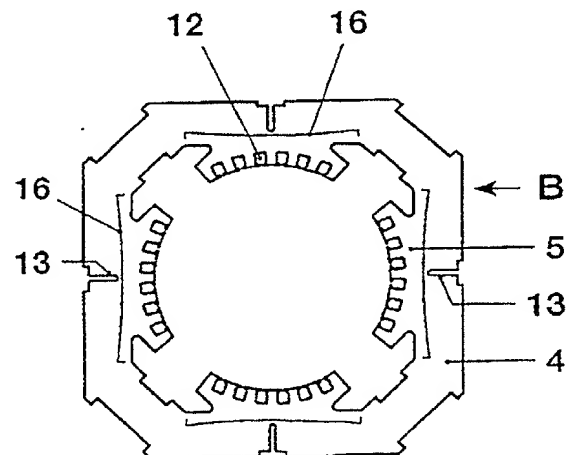
⑦2 Erfinder:
Sacher, Robert, Birr, CH

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	24 34 776 C2
DE	22 00 122 C2
DE-PS	8 90 384
DE-PS	8 75 227
DE-AS	11 00 791
DE-OS	23 38 453
GB	15 55 269
US	34 45 702
US	34 41 760

⑤4 Gleichstrommaschine

⑤7 Bei einer Gleichstrommaschine sind die Hauptpole (5; 5a) vom Statorjoch (4) und/oder benachbarte Hauptpole (5; 5a) mechanisch voneinander entkoppelt. Vorzugsweise sind die Bleche (B) mit Schlitz (13, 14) und/oder Schnitten (15, 16; 17; 18) versehen, welche die direkte Verbindung zwischen Statorjoch (4) und Hauptpol (5) und/oder zwischen benachbarten Hauptpolen (5) teilweise unterbrechen. Die "Unterbrechungen" sind dabei so gelegt, daß der Verlauf des Magnetfeldes nicht oder nicht nennenswert gestört wird, die Eigenfrequenz jedoch derart beeinflußt wird, daß keine störenden Resonanzstellen auftreten.



DE 195 10 729 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07. 96 602 039/341

9/25

Die Erfindung bezieht sich auf eine Gleichstrommaschine mit einem aus Blechen geschichteten Statorkörper, der durch Pressringe an seinem Außenumfang zusammengepreßt und in einem Gehäuse angeordnet ist, welcher Statorkörper ein Statorjoch mit Hauptpolen, die optional mit Nuten versehen sind, und Wendepolen am Innenumfang aufweist, welche Hauptpol- bzw. Wendepolspulen tragen.

Die Erfindung nimmt dabei Bezug auf einen Stand der Technik, wie er sich beispielsweise aus der Veröffentlichung von W. Heil "40% mehr Leistung bei Gleichstromantrieben" in der DE-Zeitschrift "Antriebstechnik" 34 (1995) Nr. 2, Seiten 28—31, ergibt.

Technologischer Hintergrund und Stand der Technik

Bei Gleichstrommaschinen treten verschiedene Schwingungsursachen in Erscheinung, die wegen der variablen Drehzahl Eigenfrequenzen der Maschine anregen. Es ist nicht zu vermeiden, daß solche Resonanzstellen, wenn sie nicht ganz eliminiert werden können, im Betriebsdrehzahlbereich liegen. Die Schwingungen werden durch Flußpulsationen infolge Rotornutzung und ausgeprägten Polen sowie durch Oberwellendrehmomente bei Stromrichterspeisung angeregt.

Von den Flußpulsationen werden magnetische Kräfte erzeugt, die an den Hauptpolen angreifen, je nach Verhältnis von Nutenzahl zu Polpaarzahl wechselnde Zugkräfte oder Biegemomente verursachen und so den Stator zu Schwingungen anregen. Die Frequenz dieser Schwingung ist die Nutenfrequenz. Die Ordnungszahl und Form dieser Schwingungen ist abhängig vom Verhältnis Nutenzahl N zu Polzahl $2p$ (vgl. Bild 8 auf Seite 30 der eingangs genannten Publikation).

Bei ungerader Nutzahl entsteht eine umlaufende Kraftwelle, die auf den Rotor eine einseitige magnetische Zugkraft ausübt. Wenn die Drehzahl dieser Kraftwelle gleich der Eigenfrequenz (kritischen Drehzahl) des Rotors ist, tritt Resonanz auf.

Die Netzfrequenz und die Pulszahl der verwendeten Stromrichter führen zu einem Wechselanteil, der dem Gleichstrom überlagert ist. Der Wechselanteil ist die Folge der in der Ausgangsspannung des Stromrichters enthaltenen, zur Motorgegenspannung positiven und negativen Spannungsflächen. Dabei ist nur die erste Harmonische der Oberwellen von Bedeutung. So ist bei Speisung über einen sechspulsigen Stromrichter in Dreiphasen-Brückenschaltung die Frequenz der ersten Harmonischen 300 Hz bei 50 Hz Netzfrequenz bzw. 360 Hz bei 60 Hz Netzfrequenz. Bei fremderregten Gleichstrommaschinen mit konstantem Hauptfluß erzeugen diese Oberwellen Luftspaltdrehmomente, die wiederum gleichphasige Biegemomente an den Polen bewirken können (vgl. Bild 8 a.a.O.).

Außer den bekannten Maßnahmen, die Anregungen dieser Art vermindern, wie z. B. großer Hauptpolluftspalt, exzentrischer Polschuhradius, günstige Wahl der Nutenzahl und Nutschrägung, die zumindest teilweise das Leistungsvermögen der Maschine vermindern und die Kommutierung beeinträchtigen, stehen zwei Maßnahmen der Vermeidung im Vordergrund:

— Vermeiden einer Statoreigenfrequenz bei 300

bzw. 360 Hz, damit keine Resonanz mit Stromoberwellen auftritt, und

— vermeiden von Statoreigenfrequenzen, die im Betriebsdrehzahlbereich mit der Nutenfrequenz übereinstimmen.

Das schwingungsfähige System, für das die Eigenfrequenzen nach den obigen Regeln festzulegen ist, besteht aus dem Statoraktivteil mit Statorjoch, Polen und Wicklungen sowie aus den Lagerschilden.

Kurze Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Gleichstrommaschine anzugeben, bei der die Statoreigenfrequenz so beeinflusst werden kann, daß keine Resonanz mit Stromoberwellen auftritt und auch Statoreigenfrequenzen vermieden werden, die im Betriebsdrehzahlbereich mit der Nutenfrequenz übereinstimmen, ohne daß der Verlauf des Magnetfeldes im Statorkörper nicht oder zumindest nicht nennenswert gestört wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Hauptpole vom Statorjoch und/oder benachbarte Hauptpole mechanisch voneinander entkoppelt sind. Eine solche Entkopplung läßt sich in einfacher Weise dadurch erreichen, daß die Bleche mit Schlitzten und/oder Schnitten versehen sind, welche die direkte Verbindung zwischen Statorjoch und Hauptpol und/oder zwischen benachbarten Hauptpolen teilweise unterbrechen. Die "Unterbrechungen" sind dabei so gelegt, daß der Verlauf des Magnetfeldes nicht oder nicht nennenswert gestört wird, die Eigenfrequenz jedoch derart beeinflusst wird, daß keine störenden Resonanzstellen auftreten.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sowie die damit erzielbaren Vorteile werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt, und zwar zeigt:

Fig. 1 einen vereinfachten Längsschnitt durch den Stator einer bekannten Gleichstrommaschine;

Fig. 2 einen Querschnitt durch die Gleichstrommaschine nach Fig. 1 längs deren Linie AA;

Fig. 3 die Draufsicht auf ein einteiliges Statorblech mit ausgestanzten Hauptpolen nach dem Stand der Technik;

Fig. 4 ein erstes Ausführungsbeispiel mit einem einteiligen Blech (Komplettschnitt), das im mittigen Abschnitt des Statorjochs geschlitzt ist und am Innenumfang von den Nuten ausgehende Schlitzte aufweist;

Fig. 5 eine zweites Ausführungsbeispiel mit einem einteiligen Blech, das neben Schlitzten im mittigen Abschnitt des Statorjochs weitere Schlitzte aufweist, die zu den Blechecken hin gekrümmt sind;

Fig. 6 eine drittes Ausführungsbeispiel mit einem einteiligen Blech, das neben Schlitzten im mittigen Abschnitt des Statorjochs diagonal verlaufende Schnitte in den Blechecken aufweist;

Fig. 7 eine viertes Ausführungsbeispiel mit einem einteiligen Blech, das neben Schlitzten im mittigen Abschnitt des Statorjochs radial verlaufende Schnitte im Statorjoch aufweist;

Fig. 8 eine fünftes Ausführungsbeispiel mit einem einteiligen Blech, das neben Schlitzten im mittigen Abschnitt des Statorjochs etwa parallel zu den Blechkan-

ten verlaufende Schnitte im Statorjoch aufweist;

Fig. 9 eine sechstes Ausführungsbeispiel mit einem einteiligen Blech, das etwa parallel zu den Blechkanten verlaufende Schnitte im Statorjoch aufweist, die in Ausparungen seitlich unter den Hauptpolen enden;

Fig. 10 eine siebtes Ausführungsbeispiel mit einem einteiligen Blech, das schräg zu den Blechkanten verlaufende Schnitte im Statorjoch aufweist, die in Aussparungen seitlich unter den Hauptpolen enden;

Fig. 11 eine achttes Ausführungsbeispiels mit Hauptpolen, die vom Statorjoch getrennt sind;

Fig. 12 einen Ausschnitt aus Fig. 11, aus welcher die nur teilweise form- und kraftschlüssige Verbindung zwischen Hauptpol und Statorjoch erkennen läßt;

Fig. 13 eine erste Realisierung der Erfindung bei einem Statorkörper, der aus segmentierten Blechen aufgebaut ist, mit Schnitten analog Fig. 9;

Fig. 14 eine der Fig. 10 entsprechende Variante bei einem Blechkörper, der aus segmentierten Blechen aufgebaut ist;

Fig. 15 eine der Fig. 11 entsprechende Variante bei einem Blechkörper, der aus segmentierten Blechen aufgebaut ist;

Fig. 16 eine Ausführungsform der Erfindung bei einem Blechkörper der aus nichtüberlappenden Blechsegmenten aufgebaut ist.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Die Gleichstrommaschine gemäß Fig. 1 und 2 weist einen aus Blechen B geschichteten Statorkörper 1 auf, der durch Preßringe 2 an seinem Außenumfang zusammengepreßt und in einem Gehäuse 3 angeordnet ist. Der Statorkörper weist ein Statorjoch 4 mit Hauptpolen 5 und Wendepolen 6 an seinem Innenumfang auf, welche Hauptpolspulen 7 bzw. Wendepolspulen 8 tragen. Der Rotor 9 der Gleichstrommaschine ist auf einer Welle 10 befestigt, seine Rotorwicklung ist mit der Bezugsziffer 11 bezeichnet. Insoweit entspricht die in den Fig. 1 und 2 dargestellte Gleichstrommaschine dem Stand der Technik. Aus diesem Grunde sind auch andere wesentliche Teile einer Gleichstrommaschine wie der auf der Welle 10 befestigte Kollektor, der zugehörige Bürstenapparat, die Lagerung des Rotors und dergleichen nicht dargestellt, weil für das unmittelbare Verständnis der Erfindung nicht notwendig.

Gegenstand der Erfindung sind nun Maßnahmen zur mechanischen schwingungsmäßigen Entkopplung der Hauptpole 5 vom Statorjoch 4 und/oder die Entkopplung benachbarter Hauptpole 5 voneinander. Eine solche Entkopplung läßt sich nun in einfacher Weise dadurch erreichen, daß die Bleche der Statorkörpers 1 gezielt mit Schlitzen und/oder Schnitten versehen sind, welche die direkte Verbindung zwischen Statorjoch 4 und Hauptpol 5 und/oder zwischen benachbarten Hauptpolen 5 unterbrechen. Diese Schnitte oder Schlitze lassen sich grundsätzlich direkt mit dem Ausstanzen der Bleche einbringen.

In Fig. 3 ist nochmals die Draufsicht auf ein einteiliges Statorblech B mit ausgestanzten Hauptpolen 5 nach dem Stand der Technik dargestellt, die Wendepole sind dabei weggelassen, die Nuten am Innenumfang der Hauptpole 5 mit 12 bezeichnet.

Fig. 4 ein erstes Ausführungsbeispiel mit einem einteiligen Blech (Komplettschnitt), das im mittigen Abschnitt des Statorjochs 4 geschlitzt ist. Eine erste Gruppe von offenen Schlitzen 13 verläuft etwa senkrecht zur Außenkante des Bleches B und reicht dabei von außen

bis etwa in die Mitte der Distanz zwischen Außen- und Innenumfang des Bleches B. Eine zweite Gruppe von offenen Schlitzen 14 ist am Nutgrund der Nuten 12 eingebracht und verläuft etwa senkrecht zur Kante des Blechs B. Die Achsen der Schlitze 13 und 14 sind dabei beabstandet und verlaufen etwa parallel zueinander ohne sich im Blech zu schneiden.

Wie aus Fig. 5 hervorgeht, können die Schlitze 14, die vom Nutgrund der Nut 12 ausgehen, auch in Richtung der Ecken des Bleches B gekrümmt sein. Sie enden deutlich vor den Ecken des Blechs. Anstelle von nach innen offenen Schlitzen 14 können gemäß Fig. 6 "geschlossene" Schnitte 15 in den Ecken des Blechs B, die diagonal im Blech B verlaufen, vorgesehen sein. Die Schnitte haben etwa U-förmige Gestalt mit im Vergleich zur Basis kurzen Schenkeln. Zusätzlich können kurze Schnitte 17, die von den abgeschrägten Ecken des Blechs B und diagonal ausgehen und dabei die Schnitte 15 schneiden (siehe Detail X zu Fig. 6).

Fig. 7 zeigt eine Variante der Erfindung, bei der nur "geschlossene" Schnitte 15 vorgesehen sind. Neben Schnitten 15 in den Blechecken sind in der Mitte der Hauptpole zusätzliche "geschlossene" Schnitte 15 vorgesehen, die etwa senkrecht zu den Blechkanten verlaufen und nicht bis zu den Nuten 12 reichen.

In der Anordnung nach Fig. 8 sind von außen nach innen gerichtete Schlitze 13 (analog Fig. 4) mit etwa parallel zu den Blechkanten verlaufenden Schnitten 16 kombiniert. Die Schnitte erstrecken sich dabei von der Mitte des Hauptpols 5 ausgehend bis fast an die Wendepole. Die Schlitze 13 reichen hingegen nach innen bis zu den Schnitten 16.

Fig. 9 und 10 zeigen Ausführungsformen ohne von außen eingebrachte Schlitze, jedoch mit "offenen" langen Schnitten 18a, die von den Ausparungen seitlich unter den Hauptpolen 5 — dort liegen im eingebauten Zustand die Hauptpolspulen — ausgehen und bis kurz vor die Mitte der Hauptpole 5 reichen und sich dort wenig erweitern. Die Schnitte 18a verlaufen in Fig. 9 annähernd parallel zur Blechkante, während sie in Fig. 10 schräg nach außen gerichtet sind.

Die konsequente Weiterführung der den Ausführungen gemäß Fig. 9 und 10 zugrunde liegenden Idee führt zu einer Ausgestaltung der Erfindung, wie sie in Fig. 11 und 12 veranschaulicht ist. Dort sind die Hauptpole 5a nicht einstückig mit dem Statorjoch 4 ausgebildet, sondern sind separat ausgeführt und mit ersteren verschraubt. Um die erfindungsgemäße Entkopplung zwischen Hauptpol 5a und Statorjoch 4 zu erreichen, erfolgt keine form- und kraftschlüssige Verbindung zwischen den genannten beiden Teilen, wie sie sonst üblich ist, sondern der Hauptpol 5a liegt nur in seinem mittleren ebenen Abschnitt, der als Auflagefläche 19 ausgebildet ist, am Statorjoch 4 an und ist dort mittels Schrauben 20 befestigt. Die Geometrie von Hauptpolaußenkontur und/oder Statorjochinnenkontur ist dabei so gewählt, daß sich außerhalb der besagten Auflagefläche 19 ein kleiner Spalt 21 ergibt.

Neben den dargestellten Ausführungsformen sind selbstverständlich auch andere Kombinationen von Schlitzen und Schnitten möglich, sofern das Ziel der mechanischen Entkopplung im Sinne der Erfindung nicht außer acht gelassen wird, so zum Beispiel die Kombination der Maßnahmen gemäß Fig. 4 oder Fig. 10 mit zusätzlichen Schnitten 15 in den Blechecken.

Die vorstehenden Entkopplungsmaßnahmen bezogen sich allesamt auf Statorbleche im Komplettschnitt, d. h. solche bei denen zumindest das gesamte Statorjoch

4 einstückig aus einem Blech besteht. Die Erfindung beschränkt sich jedoch nicht auf solche Anordnungen, sondern läßt sich selbstverständlich auch auf Gleichstrommaschinen anwenden, die einen aus segmentierten, teilweise überlappend geschichteten Blechen aufgebauten Statorkörper aufweisen. Dies ist in den Fig. 13 bis 15 beispielsweise verdeutlicht, die ansonsten den Ausführungsformen nach Fig. 9, Fig. 10 bzw. Fig. 11 entsprechen und gleiche oder gleichwirkende Teile mit den selben Bezugswerten versehen sind. Die Überlappungszone der Bleche ist darin mit 22 bezeichnet. Vorzugsweise liegen die Schlitze 13, 14 oder Schnitte 15 bis 18 außerhalb der Überlappungszone 22.

Ohne den durch die Erfindung gesteckten Rahmen zu verlassen, kann auf Schlitze und/oder Schnitte in den Bleche ganz verzichtet werden, wenn, wie in Fig. 16 veranschaulicht, der Statorkörper aus Blechsegmenten B1, B2, B3 und B4 zusammengesetzt ist, die sich nicht überlappen. Die aus diesen Blechen B1, ... gebildeten Blechstapel-Segmente stoßen somit längs der Diagonalen des Blechs stumpf aneinander. Auch auf diese Weise sind die Hauptpole 5 voneinander mechanisch und schwingungsmäßig entkoppelt, weil der von den elektromagnetischen Kräften angeregte Kraftfluß dann teilweise über den Stoß, teilweise auch über das den Statorblechkörper 1 umgebende Gehäuse 3 (in Fig. 16 nicht dargestellt) fließt. Auch bei dieser Variante lassen sich Schlitze und/oder Schnitte im mittleren Abschnitt des Statorjochs 4 anbringen, wie es beispielsweise in Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 oder Fig. 8 dargestellt ist. Auch eine Kombination der Ausführungsform nach Fig. 16 mit separaten Hauptpolen 5a gemäß Fig. 11 bzw. 12 ist ohne weiteres möglich.

Bezugszeichenliste

- | | | |
|---------|---|----|
| 1 | Statorkörper | |
| 2 | Pressringe | |
| 3 | Gehäuse | |
| 4 | Statorjoch | |
| 5 | Hauptpole | 40 |
| 6 | Wendepole | |
| 7 | Hauptpolspulen | |
| 8 | Wendepolspulen | |
| 9 | Rotor | 45 |
| 10 | Welle | |
| 11 | Rotorwicklung | |
| 12 | Nuten in 5 | |
| 13, 14 | offene Schlitze in B | |
| 15, 16 | geschlossene Schnitte in B | 50 |
| 17 | kurzer offener Schnitt an den Ecken von B | |
| 18, 18a | langer offener Schnitt in B | |
| 19 | Auflagefläche von 5a | |
| 20 | Polbefestigungsschrauben | |
| 21 | Spalte zwischen 4 und 5 | 55 |
| 22 | Überlappungszone | |
| B | Statorblech | |

Patentansprüche

1. Gleichstrommaschine mit einem aus Blechen (B) geschichteten Statorkörper (1), der durch Preßringe (2) an seinem Außenumfang zusammengepreßt und in einem Gehäuse (3) angeordnet ist, welcher Statorkörper (1) ein Statorjoch (4) mit Hauptpolen (5), die optional mit Nuten (12) versehen sind, und Wendepolen (6) am Innenumfang aufweist, welche Hauptpolspulen (7) bzw. Wendepolspulen (8) tra-

gen, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptpole (5; 5a) vom Statorjoch (4) und/oder benachbarte Hauptpole (5; 5a) mechanisch voneinander entkoppelt sind.

2. Gleichstrommaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bleche (B) mit Schlitzen (13, 14) und/oder Schnitten (15, 16; 17; 18) versehen sind, welche die direkte Verbindung zwischen Statorjoch (4) und Hauptpol (5) und/oder zwischen benachbarten Hauptpolen (5) teilweise unterbrechen.

3. Gleichstrommaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptpole (5) mit dem Statorjoch (4) einstückig ausgeführt sind.

4. Gleichstrommaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß erste Schlitze (13) von den Blechkanten des Statorblechs (B) ausgehend nach innen, vorzugsweise radial nach innen verlaufen.

5. Gleichstrommaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zweite Schlitze (14) von den Ruten (12) im Hauptpol (5) ausgehend nach außen verlaufen.

6. Gleichstrommaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Schlitze (14) nach den Blechecken hin gekrümmt verlaufen.

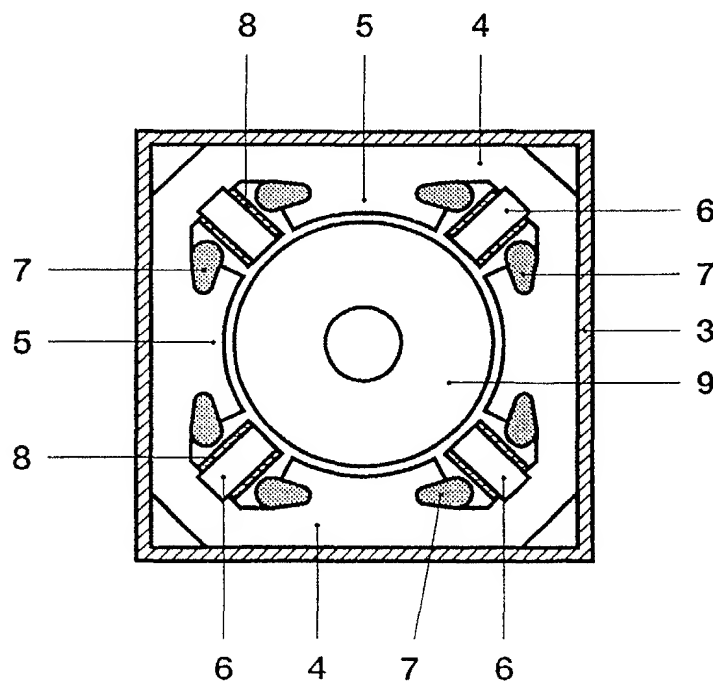
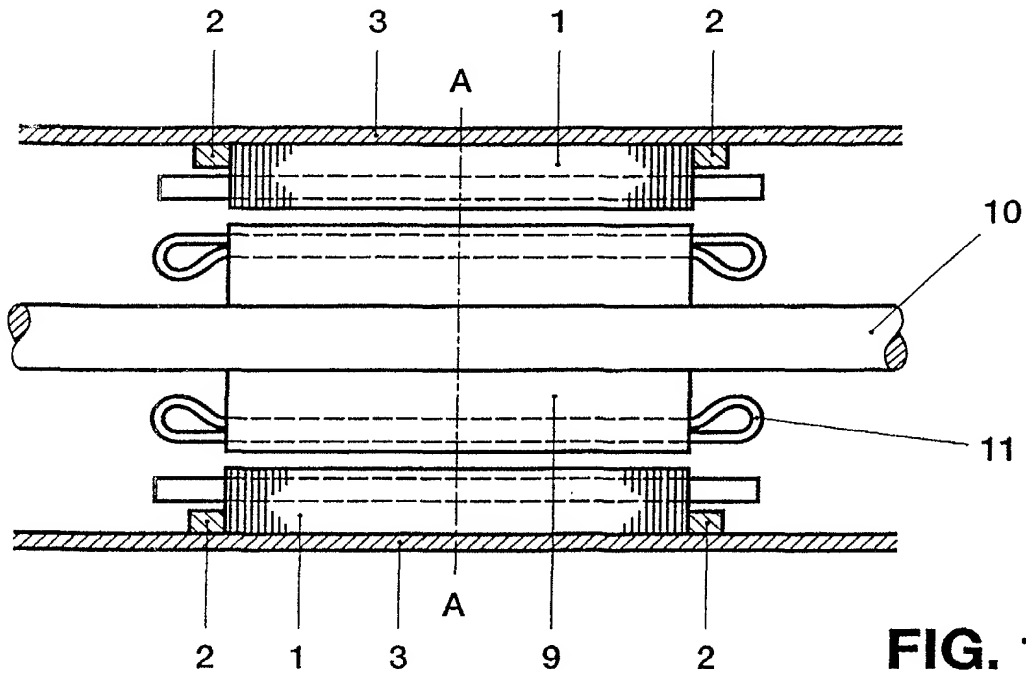
7. Gleichstrommaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Hauptpole (5) im Blech erste Schlitze (15; 16; 18) vorgesehen sind, die vollständig innerhalb des Blechs (B) verlaufen.

8. Gleichstrommaschine nach Anspruch 2, dadurch daß im Bereich der Hauptpole (5) nach außen hin offene zweite Schlitze (18a) vorgesehen sind, die seitlich neben den Hauptpolen (5) beginnen und hin zur Polmitte verlaufen, ohne sich zu treffen.

9. Gleichstrommaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptpole (5a) getrennt vom Statorjoch (4) ausgebildet und mit diesem verschraubt sind, wobei die Berührungsflächen (19) zwischen diesen beiden Bauteilen kleiner ist als die Länge des Hauptpols (5a) in Umfangsrichtung gesehen, derart, daß sich außerhalb dieser Berührungsfläche ein Spalt (21) zwischen Hauptpol (5a) und Statorjoch (4) ergibt.

10. Gleichstrommaschine mit segmentierten Blechen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß aufeinanderliegende Bleche nicht-überlappend geschichtet sind, und die aus diesen Blechen (B1, B2, B3, B4) gebildeten Blechstapel-Segmente in den Ecken stumpf aneinanderstoßen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen



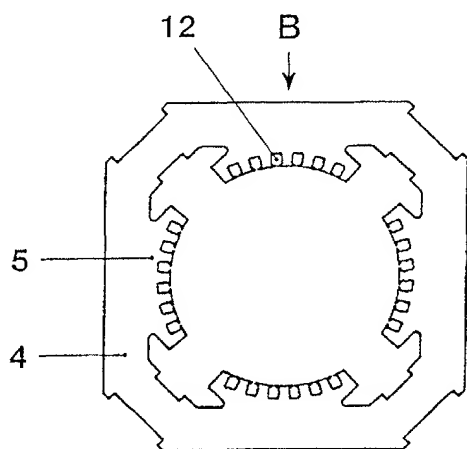


FIG. 3

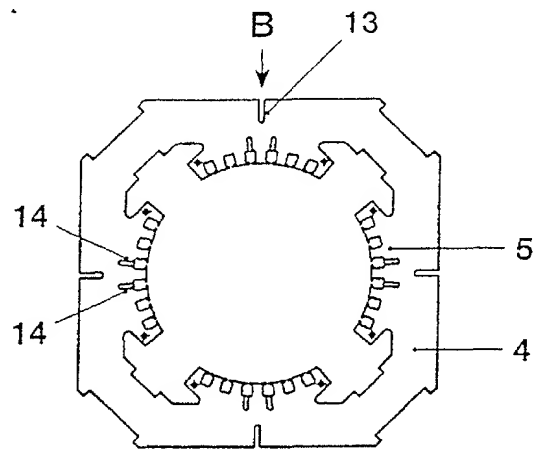


FIG. 4

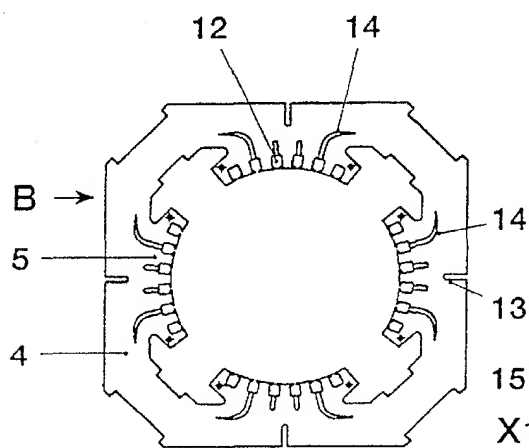


FIG. 5

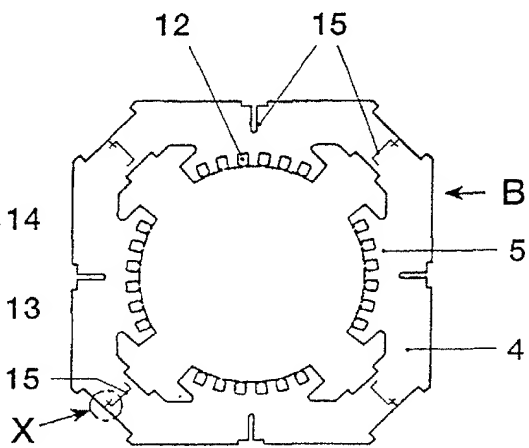


FIG. 6

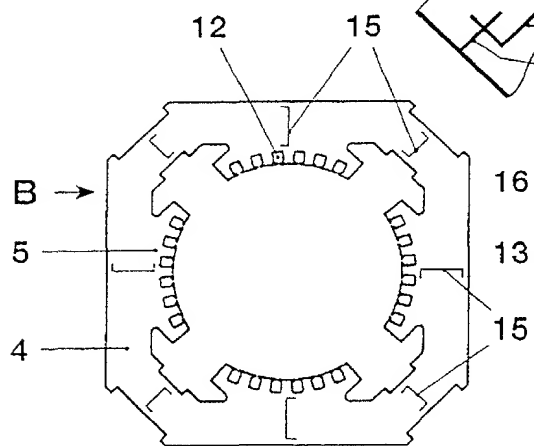
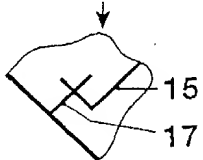


FIG. 7

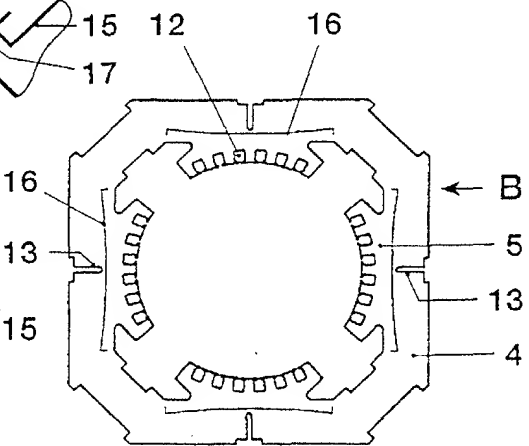


FIG. 8

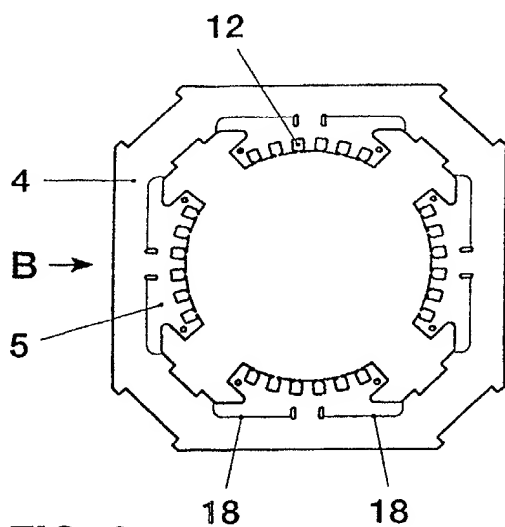


FIG. 9

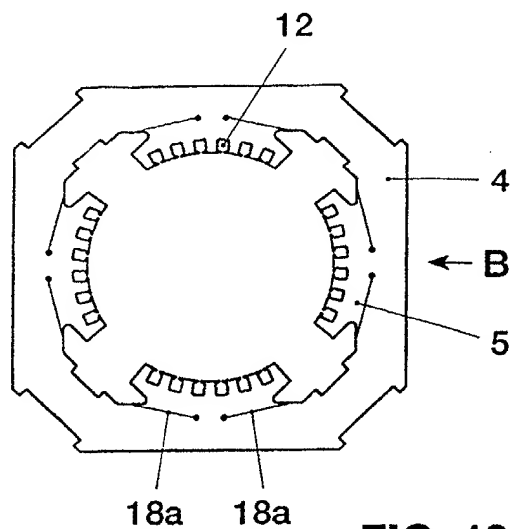


FIG. 10

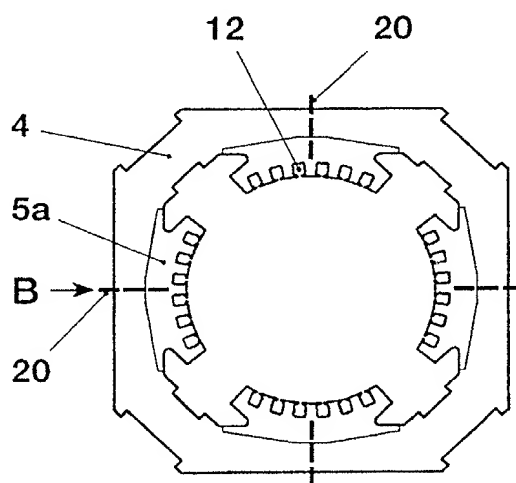


FIG. 11

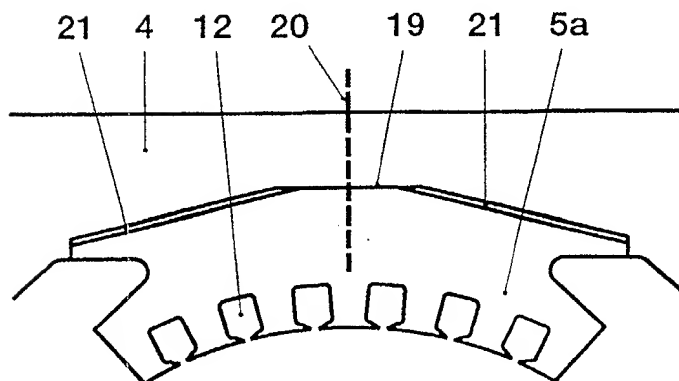


FIG. 12

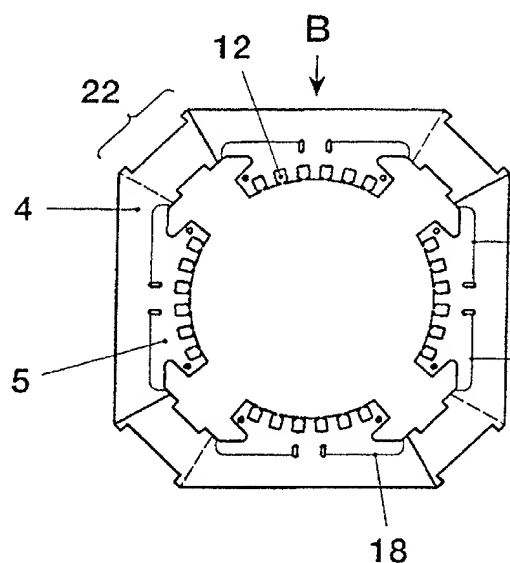


FIG. 13

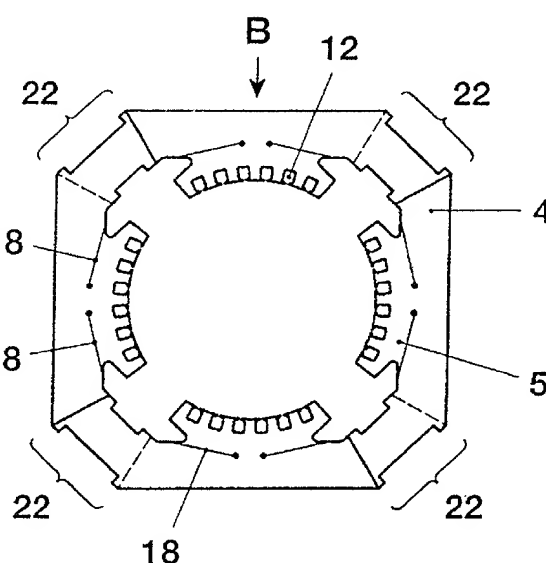


FIG. 14

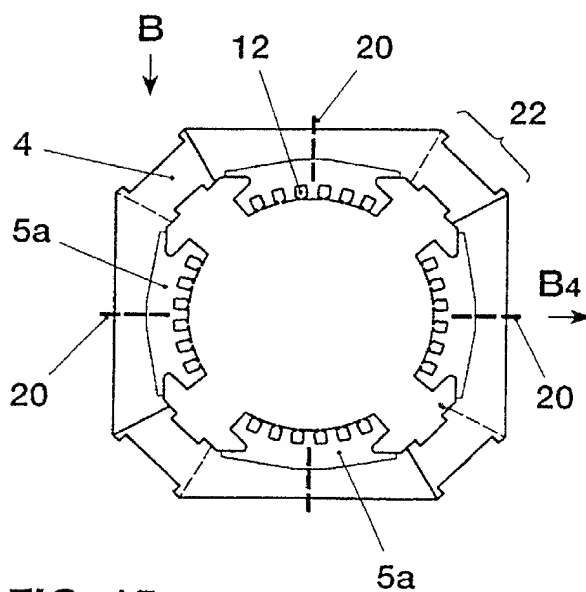


FIG. 15

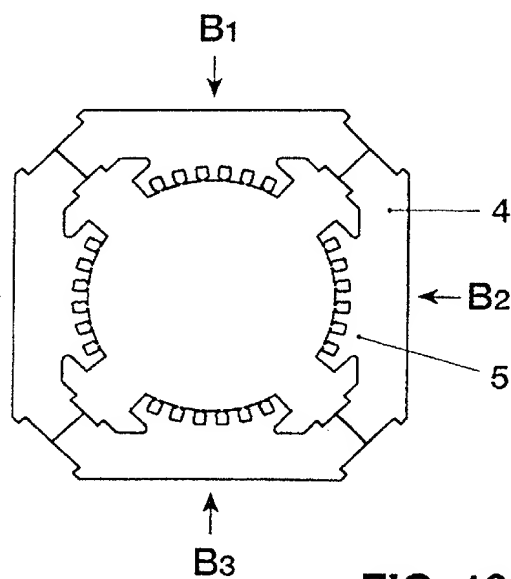


FIG. 16